

**В.Н. ВЛАСЕНКО**, канд. техн. наук, директор АОЗТ «НИИ «Редуктор»,  
**В.М. ФЕЙ**, гл. инженер АОЗТ «НИИ «Редуктор», г. Киев

## МУЛЬТИПЛИКАТОРЫ СОВРЕМЕННЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Розглянуті вимоги до сучасних вітроенергетичних установок.

Making of modern wind-energy drives are considered.

Резкое повышение цен на газ и ограниченные источники его добычи заставляют многие государства задуматься о том, какие источники энергии могли бы стать ему альтернативой. Наряду с традиционными методами – переводом тепловых электростанций на уголь, эффективным использованием шахтного газа и разработкой шельфовых месторождений углеводородов – вновь заговорили и о более активном использовании нетрадиционных источников энергии. В частности, солнечных и ветроэнергетических установок.

Чтобы обеспечить энергобаланс государства, необходимо найти оптимальное сочетание всех этих источников энергии. Однако, именно с поисками оптимума – большие проблемы. В каждом из альтернативных направлений пока доминируют лоббисты, которые часто дискредитируют эти направления и тем самым тормозят их развитие. Именно так происходит с ветроэнергетикой.

За счет ветроэнергетических установок можно покрыть до 40-50% потребности в электроэнергии.

Современная ветроустановка является одним из самых высокотехнологичных агрегатов. Эта внешне простая башня с гондолой, мультипликатором, генератором и крыльями по сложности используемых технологий сравнима разве что с самолетом.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) в зависимости от мощности подразделяются на большие (свыше 100 кВт), средние (от 30 до 100 кВт) и малые (до 30 кВт). Большие ВЭУ работают по той же схеме, что и традиционные ТЭС, ГЭС и АЭС: сбрасывают выработанную электроэнергию в магистральные сети.

Ветровая установка – это энергетическая преобразующая система, использующая ветер как источник энергии для производства электроэнергии.

Все энергетические преобразующие системы имеют ротор, состоящий из одной или больше лопастей, которые преобразуют энергию ветра в крутящий момент вала. Природа аэродинамики ограничивает скорость ротора до уровня ниже требуемых стандартными генераторами. Из-за разницы скоростей часто

необходим мультипликатор, который увеличивает скорость для того, чтобы установка работала экономично.

В 2007 г. АОЗТ «НИИ «Редуктор» в рамках плана работ ТК-47 проведена разработка гармонизированного стандарта ДСТУ ISO [1], содержащего требования к конструкции мультипликаторов и технические условия для их производства. В рамках инициативной работы разработан технический проект опытного образца мультипликатора для ветроустановки мощностью 600 кВт.

Редуктор ветровой установки является мультипликатором, который увеличивает относительно низкую скорость ротора до скорости генератора. Применение его очень ответственно и требует тщательного рассмотрения нагрузок для того, чтобы гарантировать адекватную нагрузочную способность в пределах ограничений по размерам и массе. Редукторы (мультипликаторы) должны проектироваться с учетом достижения высокого коэффициента полезного действия и минимального уровня шума. Из-за большого количества ветровых установок на определенной площади и ограниченной доступности для технического обслуживания надежность и обслуживание являются важными факторами. Эксплуатационная окружающая среда требует, чтобы редукторы были стойкими к экстремальным значениям температуры, загрязнению и коррозии. Большинство изготовителей ВУ применяют стандартный монтаж редукторов на валу или монтаж на лапах. Это объясняется тем, что эти редукторы не специально проектировались для использования в ВЭУ; некоторые конструкции подшипников не могут быть адекватными для условий динамических нагрузок установок. Также могут быть недостаточно жесткими корпуса, чтобы обеспечить соответствующее положение подшипников и зубчатых колес. Поэтому рекомендуется провести испытания с полной нагрузкой этих типов редукторов перед использованием их в ВЭУ.

При проектировании были учтены технические требования, изложенные в [1].

Нагрузки должны включать:

- гистограмму крутящий момент – частота, включая все рабочие и переходные процессы;
- отношения крутящий момент – скорость;
- другие нагрузки, воздействующие на конструкцию редуктора, приведенные в количестве циклов, базирующиеся на усталости.

Покупатель (заказчик) обязан указать в документе нагрузок отдельные коэффициенты безопасности и погрешности, используемые при установлении нагрузок;

- требования к сертификации, окружающей среде, наблюдению и контролю, квалификационным испытаниям, запуску, транспортированию и монтажу редукторов;

- требования к установлению показателей составных частей, нормированию долговечности зубчатых передач, термической мощности; определению подшипников и их смазки, долговечности валов, корпусов и уплотнений;
- требования к элементам зубчатых передач (коэффициенту ширины зубчатого венца, смещению исходного контура, модификации профиля, толщине обода сателлита, материалам зубчатых колес и их термической обработки, точности, шероховатости рабочей поверхности зуба);
- рекомендации по выбору подшипников и установке их в редукторе;
- требования к валам, шпонкам и шлицам (материалу, безшпоночным соединениям, просадкам, шпонкам, шлицевым соединениям);
- требованиям к корпусам, в т.ч. расположению составных частей редуктора, материалу, деформации, точности, смотровым отверстиям, крышкам и соединениям составных частей;
- выбор, применение и контроль смазки редуктора (тип и вязкость смазки, метод смазывания, температура масла), зубчатых передач, подшипников, минимальное количество масла в системе, регулирование температуры, контроль состояния смазки, чистоты масла, масляные фильтры пробки слива и залива, маслоуказатель, отдушина и др.);
- требования к другим важным элементам редуктора (уплотнениям, присоединяемым устройствам, крепежным изделиям, покрытиям);
- требования к гарантии качества редуктора.

#### **Общие выводы.**

1. Ветроэнергетика является одним из наиболее эффективных и экологически чистых способов получения электрической энергии, способной покрыть 40-50% потребности.
2. Редукторы (мультипликаторы), необходимые для увеличения скорости ротора до скорости, требуемой для выработки электроэнергии, должны обеспечивать передачу высоких нагрузок при минимальных габаритных размерах и массе, максимально высокий коэффициент полезного действия при сроке службы не менее 20 лет.
3. Лучшей компоновкой мультипликатора является комбинированный редуктор, тихоходная ступень которого – планетарная прямозубая передача, а быстроходная и промежуточная ступени – цилиндрическая косозубая.
4. Зубчатые передачи мультипликатора должны изготавливаться из высокопрочных легированных сталей, подвергаемых цементации и закалке до твердости рабочих поверхностей зубьев HRCэ 60...63. Точности зубчатых передач не ниже 6 степени ГОСТ 1643.
5. Подшипники валов должны обеспечивать требуемую долговечность с учетом срока службы мультипликатора. Предпочтение следует отдавать радиальным подшипникам с цилиндрическими роликами и сферическим роликовым подшипникам.

6. Корпусные детали должны быть определенной геометрической формы и обеспечивать жесткость, прочность и точность конструкции.

Конфигурация, составные элементы корпуса, его разъемы определяются на стадии рабочего проектирования редуктора (мультипликатора).

7. Выбор системы смазки (циркуляционной, разбрызгиванием или их комбинацией) и смазочных материалов производится на основе расчета термической мощности при рабочем проектировании мультипликатора.

**Список литературы:** 1. *ДСТУ ISO 81400-4*. Вітрові установки. Ч. 4. Конструкція і технічні умови редукторів.

*Поступила в редколлегию 27.04.08*

УДК 621.825.54(088.8)

**В.О. МАЛАЩЕНКО**, докт. техн. наук, НУ "Львівська політехніка",  
**П.В. КАРНАУХ**, НУ водного господарства та природокористування

### **ПІДВИЩЕННЯ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИВОДІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ ЗАПОБІЖНИМИ ФРИКЦІЙНИМИ МУФТАМИ**

В работе представлена классификация предохранительных фрикционных муфт с криволинейными поверхностями контакта фрикционных элементов. Установлена причинно-следственная связь между переменным коэффициентом трения по криволинейным поверхностям муфты и уравнением линий контакта фрикционных элементов.

In diesem Werk ist die Klassifizierung der Sicherheitsfriktionskupplungsmuff mit krummlinigen Oberslächen des Kontakts der Ffriktionsselemente dargestellt. Der ursächlich-resultative Verbindung mit dem Wechselkoeffizient der Reilung auf den krummlinsgen Muffoberflächen und die Gleichung der Kontaktlinien der Ffriktionsselement sind bewiesen.

Механічні приводи здебільшого мають різноманітні муфти, які суттєво впливають на довговічність передач, що входять у кінематичні ланцюги приводних систем.

Відомі конструкції запобіжних фрикційних муфт, що здатні передавати підвищений обертальний момент [1, 3, 5-7].

Аналіз літературних джерел та патентної інформації показує, що класифікація запобіжних фрикційних муфт носить розрізнений характер та в основному розроблена для випадків, коли лінія контакту фрикційних елементів виконана у вигляді прямої. Навантажувальна здатність таких муфт є обмеженою та визначена для плоских поверхонь тертя [3, 9].